



LAPORAN PENELITIAN

KAJI EKSPERIMEN PENGARUH PEMACU TURBULENSI DALAM PIPA TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN

Ketua peneliti:

Ir. Bambang Yunianto, MSc

Dibiayai oleh Proyek pengkajian dan penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Peneliti Muda Nomor : 065/P2IPT/DPPM/LITMUD/V/1997, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan

HALAMAN PENGESAHAN

1. a. Judul penelitian : Kaji eksperimen pengaruh pemacu turbulensi dalam pipa terhadap laju perpindahan panas dan penurunan tekanan
b. Bidang ilmu : Teknik
c. Kategori : Pengembangan IPTEK
2. Ketua peneliti
a. Nama lengkap : Ir. Bambang Yunianto, MSc
b. Jenis kelamin : Laki-laki
c. Golongan / NIP : III B / 131668514
d. Jabatan fungsional: Asisten ahli
e. Fakultas/jurusan : Teknik/Mesin
f. Pengalaman : Terlampir
3. Susunan tim peneliti
Jumlah anggota : 1 (satu) orang
Ir. Nazarudin Sinaga, MS
4. Lokasi penelitian : Teknik Mesin UNDIP
5. Lama penelitian : 6 bulan
6. a. Biaya penelitian : Rp.5.000.000,-
(lima juta rupiah)
b. Sumber dana : Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan

Semarang, 5 - Februari -1998

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Ketua peneliti

Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc
NIP 130 354 860

Ir. Bambang Yunianto, MSc
NIP 131 668 514

Menyetujui

Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Diponegoro

Prof. Dr. dr. Satoto
NIP 130 368 071

RINGKASAN

Pengujian perpindahan panas konveksi paksa dilakukan pada aliran udara dalam pipa, dimana didalam pipa dipasang kawat lilitan sebagai pemacu turbulensi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari hubungan laju perpindahan panas (yang dinyatakan dalam angka Nusselt) dan penurunan tekanan aliran dalam tabung akibat penggunaan pemacu turbulensi. Disamping itu diharapkan dapat ditemukan jarak antar lilitan yang optimum. Dari hasil pengujian maka akan diperoleh kelengkapan data tentang penggunaan pemacu turbulensi yang hingga kini masih terbatas, sehingga lebih dimungkinkan perencanaan alat penukar kalor yang lebih kompak.

Perangkat alat uji tersusun dari beberapa komponen, yaitu pipa seksi uji, fan axial, nosel, pipa pengantar sebelum pipa seksi uji, lilitan kawat sebagai pemacu turbulensi, manometer air miring dan kotak pengontrol. Pada kotak pengontrol dilengkapi beberapa alat kontrol kecepatan (potensiometer, pengatur arus dan tegangan pemanas serta pengontrol temperatur digital).

Bahan kawat lilitan adalah besi lunak dan dibuat dalam dua ukuran yaitu 1,6 mm dan 2,7 mm. Pada setiap diameter kawat dibuat 11 jarak antar lilitan ($\text{pitch} = P$) yaitu 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm dan 70 mm. Kawat lilitan dipasangkan pada pipa (seksi uji) yang merupakan bagian utama alat uji. Pipa seksi uji dibuat dari pipa alumunium dengan diameter (D) 10 cm dan panjang 1,5 m yang dinding luarnya dibalut dengan pemanas listrik (kawat nikelin). Kawat pemanas ini

dihubungkan dengan pengontrol agar panas yang dialirkan dapat diatur.

Enam buah termokopel type K dipasang pada permukaan tabung pada jarak masing-masing 30 cm. Pemanas dan termokopel yang terpasang pada dinding tabung kemudian dibalut dengan isolasi (asbes) untuk mencegah/mengurangi aliran panas keluar dinding. Diharapkan semua panas dari kawat pemanas mengalir kearah fluida dalam tabung (aliran satu dimensi).

Fan axial dipasang pada ujung tabung dan digunakan untuk mengalirkan udara. Jenis aliran udara adalah udara hisap, hal ini dimaksudkan untuk menghindari turbulensi aliran udara masuk tabung. Pada ujung lain dipasang nosel yang dimaksudkan untuk membuat aliran masuk yang lebih landai (mempercepat terjadinya aliran berkembang penuh). Nosel disambung ke seksi uji dengan pipa penghantar (diameter, $D = 10$ cm) sepanjang 1,5 m. Pengontrol arus listrik kawat pemanas, termokopel dan putaran fan dipusatkan pada kotak pengontrol.

Dalam pengujian ini dilakukan dua macam pengujian, yaitu pertama, pengujian konveksi paksa aliran udara dalam pipa tanpa pemacu turbulensi dan yang kedua adalah dengan diberikannya pemacu turbulensi dalam aliran. Tujuan dari pengujian jenis pertama adalah untuk menguji kelayakan dan ketepatan alat uji. Caranya adalah dengan membandingkan hasil pengujian pertama ini dengan formula-formula yang telah ada, dalam hal ini dipakai dua formula dari Kays & London dan Seider & Tate. Dari membandingkan hasil

pengujian dan dua formula tersebut dapat disimpulkan layak tidaknya alat uji ini digunakan untuk pengujian selanjutnya.

Pengujian dilakukan pada empat kecepatan (0,4, 0,8, 1,2 dan 1,6 m/dt) atau empat angka Reynold (1500, 3000, 4000 dan 5500). Dari hasil pengujian diketahui bahwa penggunaan kawat lilitan menghasilkan kenaikan angka Nusselt. Namun seiring dengan peningkatan angka Nusselt terjadi pula kenaikan beda tekanan (pressure drop). Diketahui pula prosentase kenaikan beda tekanan lebih besar dari pada prosentase kenaikan angka Nusselt.

Disamping itu perubahan jarak antar lilitan (pitch) mempunyai dua pola perubahan angka Nusselt dan beda tekanan. Pada pitch kecil ($P/D < 5$), makin besar pitch makin besar pula angka Nusselt dan beda tekanannya. Namun sebaliknya untuk pitch besar ($P/D > 5$), makin besar jarak pitch maka akan terjadi penurunan angka Nusselt dan beda tekanannya. Peningkatan angka Nusselt yang optimum (besar) terjadi pada pitch yang kecil yaitu antara $P/d = 3$ s.d 12. Namun pada daerah ini terjadi pula penurunan tekanan yang besar.

KATA PENGANTAR

Puji sukur kami panjatkan kepada ALLAH SWT, atas karuniaNya sehingga penelitian ini dapat selesai sesuai jadwal yang telah ditentukan.

" Kaji eksperimen pengaruh pemacu turbulensi dalam pipa terhadap laju perpindahan panas dan penurunan tekanan ", kami pilih sebagai judul penelitian, mengingat masih sedikitnya penelitian tentang penggunaan pemacu turbulensi dalam peningkatan laju perpindahan panas. Sehingga data-data yang ada juga masih terbatas. Dengan penelitian ini dapat diharapkan menambah kelengkapan data-data dan selanjutnya dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam perancangan alat penukar kalor yang lebih kompak.

Kami sadari, karena keterbatasan waktu dan fasilitas peralatan, maka hasil penelitian ini masih banyak kekurangannya. Untuk itu kami terbuka untuk menerima berbagai masukan kritik dan saran terhadap hasil penelitian ini.

Akhirnya penyusun berharap bahwa hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Penyusun.

DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Halaman pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Kata pengantar	vi
Daftar isi	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	9
1.2. Rumusan masalah	11
1.3. Tujuan penelitian	11
1.4. Kontribusi penelitian	11
1.5. Sistematika penulisan	12
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pendahuluan	13
2.2. Dasar analisis perpindahan panas konveksi paksa	14
BAB III. METODA PENELITIAN	
3.1. Peralatan uji	19
3.2. Pengukuran dan perhitungan koefisien perpindahan panas	22
3.3. Prosedur pengujian	23
3.3.1. Prosedur pengujian tanpa kawat lilitan	24
3.3.2. Prosedur pengujian dengan kawat lilitan	25
3.4. Analisis data	25

BAB IV.	HASIL PENGUJIAN DAN BAHASAN	
4.1.	Penguji konveksi paksa tanpa kawat lilitan	28
4.2.	Penguji konveksi paksa dengan kawat lilitan	29
BAB V.	KESIMPULAN	39
DAFTAR PUSTAKA		41
LAMPIRAN	- Data pribadi	42
	- Tabel pengujian (Tabel A1)	43
	- Tabel perhitungan (Tabel B1)	45

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Perpindahan panas aliran fluida dalam pipa merupakan dasar rancang bangun alat penukar kalor, baik alat penukar kalor yang paling sederhana (misal jenis pipa ganda) hingga yang makin rumit dan kompak (jenis cangkang dan tabung). Pengembangan rancang bangun alat penukar kalor pada dasarnya adalah bagaimana usaha meningkatkan koefisien perpindahan panas per satuan luasan permukaan pemindah panas. Usaha-usaha ini dilakukan antara lain dengan meningkatkan kecepatan aliran dalam pipa, meningkatkan luasan permukaan pemindah panas dan meningkatkan kekasaran permukaan. Peningkatan luas permukaan akan mudah dikerjakan pada bagian luar pipa dan akan cukup sulit dikerjakan didalam pipa. Sedang usaha dengan meningkatkan kekasaran permukaan mengalami keterbatasan. Karena jenis-jenis pipa standard telah mempunyai tingkat kekasaran tertentu, sehingga usaha meningkatkan laju perpindahan panas dengan kekasaran ini menjadi sangat terbatas.

Pada prinsipnya kekasaran ini akan meningkatkan intensitas turbulensi aliran, yang selanjutnya laju perpindahan panas akan meningkat. Intensitas turbulensi dapat ditingkatkan dengan menggunakan alat yang disebut pemacu turbulensi (turbulent promoter).

Penggunaan pemacu turbulensi ini, belum banyak dikembangkan untuk meningkatkan laju perpindahan panas dalam pipa. Hal ini karena masih terbatasnya data penelitian yang dapat diperoleh. Pemacu turbulensi ini dapat dibuat dengan sederhana, yaitu dengan menggunakan lilitan kawat dengan diameter dan jarak antar lilitan tertentu. Pemasangan cukup mudah dilakukan, yaitu dengan menempatkan lilitan kawat tersebut dalam pipa. Besar diameter lilitan dan jarak antar lilitan berpengaruh terhadap besar kecilnya pusaran aliran yang ditimbulkan yang selanjutnya akan mempengaruhi besar angka perpindahan panasnya.

Sebagaimana kekasaran pipa, besar penurunan tekanan sangat dipengaruhi oleh kekasaran pipa ini. Makin kasar suatu permukaan pipa makin besar pula penurunan tekanan yang terjadi. Demikian juga dalam hal pemakaian pemacu turbulensi, akan terjadi peningkatan penurunan tekanan yang pada gilirannya meningkatkan daya pemompaan fluidanya. Penentuan besar daya pemompaan dan besar laju perpindahan panas selalu menjadi pertimbangan dalam merancang alat penukar kalor. Mencari hubungan antara laju perpindahan panas dan penurunan tekanan akibat penggunaan pemacu turbulensi merupakan objek penelitian yang masih layak dikembangkan, mengingat masih sedikitnya data-data penelitian untuk topik tersebut.

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang akan menjadi kajian dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Data-data pengaruh penggunaan pemacu turbulensi dalam pipa terhadap laju perpindahan panas masih terbatas.
2. Hasil penelitian beberapa peneliti sebelumnya baru menghasilkan hubungan antara pemacu turbulensi dengan laju perpindahan panas. Sedang pengaruh penurunan tekanan yang terjadi belum dilakukan.
3. Besar dimensi pemacu turbulensi (diameter dan jarak antar lilitan) masih sedikit variasinya, sehingga belum diperoleh harga optimumnya.

I.3. TUJUAN PENELITIAN

Berkaitan dengan perumusan masalah diatas, maka penelitian ini bertujuan sebagai berikut.

1. Mencari hubungan laju perpindahan panas dan penurunan tekanan aliran dalam tabung akibat penggunaan pemacu turbulensi .
2. Mencari jarak antar lilitan yang optimum pada diameter lilitan tertentu.

I.4. KONTRIBUSI PENELITIAN

1. Melengkapi data-data pengaruh penggunaan pemacu turbulensi terhadap adanya peningkatan laju perpindahan panas dan penurunan tekanan.
2. Dengan kelengkapan data, lebih dimungkinkan perancangan alat penukar kalor yang lebih efisien dan kompak.

I.5. SISTEMATIKA PENULISAN.

Laporan penelitian ini disusun yang terdiri dari lima bab dengan sistematika sebagai berikut.

- Bab 1. Pendahuluan, yang berisi tentang latar belakang pentingnya penelitian, perumusan masalah , tujuan dan manfaat penelitian.
- Bab 2. Tinjauan pustaka, berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya, konsep-konsep dasar dan formula-formula empiris perpindahan panas dalam pipa.
- Bab 3. Metodologi penelitian, berisi tentang cara pengambilan data dilakukan dan analisisnya.
- Bab 4. Hasil pengujian dan pembahasan, berisi data-data pengukuran dan bahasan.
- Bab 5. Kesimpulan, berisi kesimpulan tentang hasil pengujian dan bahasan.